

УДК 630*182.5

Ю.П. Демаков^{1,2}, А.В. Исаев²

¹Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола

²Государственный природный заповедник «Большая Кокшага»

ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ДРЕВОСТОЕВ ОСНОВНЫХ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД РОССИИ



Устойчивое функционирование биосферы и существование человечества обеспечивается, как известно (Дювиньо, Танг, 1968; Реймерс, 1994), за счет фитоценозов, особенно лесных, доминирующих по продуктивности среди наземных экосистем (Базилевич, 1993). В связи исключительно важной ресурсной и экологической ролью лесов все более актуальной становится проблема повышения их эколого-ресурсного потенциала, решить которую возможно лишь на основе познания закономерностей динамики продуктивности древостоев и оптимизации породного состава насаждений, обеспечивающей получение наивысшего материального, социального и экологического эффекта. Особенно важна оценка эффективности деятельности лесных фитоценозов по использованию ими солнечной энергии и других ресурсов среды. Ее актуальность особенно велика для России, леса которой, в связи со спецификой климатических и почвенно-экологических условий в разных ее регионах, характеризуются большим разнообразием по породному составу, характеру роста и производительности.

Под потенциальной производительностью древостоев следует понимать предельно возможную величину продуцирования ими органического вещества, исходя из условий среды, экологических требований растений и их биологических свойств, определяющих скорость роста, продолжительность жизненного цикла и характер ценотических отношений. Основная часть задачи по оценке потенциальной производительности древостоев успешно решена В.А. Усольцевым (2001, 2002, 2003; Usoltsev, 2013). Им, однако, не проведено сравнения различных древесных пород по эффективности использования ими ресурсов среды, в том числе солнечной энергии. Этот аспект проблемы, во многом определяющий оптимизацию породного состава лесов, остается пока не затронутым и другими исследователями, что и определило выбор темы нашей публикации.

Целью работы является сравнительная оценка потенциальной производительности древостоев основных лесобразующих пород России и эффективности использования ими солнечной энергии в наиболее благоприятных для них условиях произрастания.

Подходы к решению задачи, материал и методика

Для решения поставленной задачи могут быть использованы два способа сбора исходной информации. Первый из них, требующий очень большого объема экспедиционных исследований и не позволяющий во многих случаях получить достаточно репре-

зентативный материал, основан на поиске и натурной оценке наиболее производительных древостоев (Лосицкий, 1968; Чуенков, 1977; Лосицкий, Чуенков, 1980). Второй же способ основан на математическом анализе цифровых материалов, собранных трудом многих исследователей и содержащихся в различных литературных источниках. Он менее затратен и в настоящее время более предпочтителен, так как наукой накоплено очень много эмпирических данных, нуждающихся в обобщении и глубоком анализе. О плодотворности этого способа убедительно свидетельствуют, в частности, работы Г.Ф. Хильми (1955, 1957, 1976).

Продуктивность древостоев во многом определяется, как известно, эдафическими и климатическими факторами, на которые каждая древесная порода, исходя из своих экологических требований, реагирует сугубо специфически. Полученные результаты, таким образом, будут зависеть от выбранного эдафотопы и географического района. Для решения задачи, следовательно, нужно четко обозначить объект исследования.

Еще одна сложность решения задачи связана с выбором параметров оценки потенциальной производительности древостоев, поскольку для этой цели можно использовать некоторый их набор (Усольцев, 2001): 1) наличную или общую фитомассу, накопленную ими на определенной площади (чаще всего на 1 га) за длительный период их жизни (обычно за оборот рубки); 2) средний годичный прирост фитомассы, представляющий частное от деления ее общей величины на возраст древостоя; 3) текущий годичный прирост фитомассы. В экологии чаще всего используется последний из этих параметров, который называется чистой первичной продукцией фитоценоза. Величину этих параметров роста древостоев можно легко найти аналитически, подобрав соответствующие математические модели динамики фитомассы. Для этой цели, по мнению многих исследователей (Карманова, 1976; Кузьмичев, 1977; Кофман, Кузьмичев, Хлебоброс, 1979; Кивисте, 1988; Черных, Сысуев, 2000), лучше всего подходит функция Митчерлиха $Y_{(t)} = K[1 - \exp(-c t)]^m$, все параметры которой, имеющие конкретный биофизический смысл, полностью определяют положение ее характерных точек (Демаков, 2000).

Оценка потенциальных возможностей древесных растений по использованию ими ресурсов среды проведена нами косвенным путем на основе выявления закономерностей накопления органического вещества древостоями разных пород I класса бонитета. При этом мы исключали влияние эдафических и климатических факторов, условно считая, что деревья растут в наиболее благоприятных для каждой породы условиях среды и имеют наивысшую производительность. Это, безусловно, является значительным упрощением реальной действительности, однако оно необходимо для решения поставленной нами задачи.

Исходным материалом для расчетов, проведенных на ПК с использованием прикладных программ и стандартных методов математической статистики, служили таблицы хода роста и производительности древостоев основных лесообразующих пород России, представленные в капитальной монографии В.А. Усольцева (2002), значение которой для науки трудно переоценить, поскольку востребованность содержащейся в ней информации неуклонно возрастает. Наша работа заключалась в подборе и анализе математических моделей, описывающих динамику фитомассы деревьев и древостоев разных пород.

Результаты и их обсуждение

Поставленная нами задача является далеко не тривиальной, так как процесс накопления древесными растениями органического вещества и освоения ими ресурсов среды может быть сугубо специфичным на разных уровнях их функционирования (индивидуальном и ценозическом). На каждом из них, одновременно с приростом фитомассы, происходит некоторая ее потеря: у дерева она обусловлена отмиранием части

ветвей и ежегодным полным (у листопадных) или частичным (у вечнозеленых) обновлением ассимиляционного аппарата (у сосны оно составляет в среднем $1/3$, а у ели – $1/5$ его общей массы), а у древостоя, кроме того, – отпадом определенной части особей.

Рассмотрим вначале накопление фитомассы средним деревом в древостое. При анализе исходного материала было установлено, что характер роста у всех пород сугубо специфичен (**рис. 1**), в результате чего ранговое положение их деревьев по накопленной ими фитомассе в разные периоды времени не остается постоянным. Так, к примеру, в возрасте 40 лет лидерами по массе среднего дерева являются ольха черная и береза, а в 80 лет – дуб и липа (**рис. 2**). Потенциальную производительность деревьев более корректно, в связи с этим, оценивать не по наличной фитомассе, а по текущему или среднему ее годовичному приросту. Расчеты показали, что ранее всего кульминация годовичного прироста наступает у ольхи черной, березы и осины, а позднее всего – у липы сердцевидной, дуба черешчатого и лиственницы сибирской (**рис. 3**). Наибольшую величину прироста фитомассы, с учетом обновления листьев в этот момент времени (**рис. 4**), имеет дуб, а замыкает же ранговый ряд ольха (**рис. 5**). Последующее снижение прироста у деревьев происходит в результате больших затрат на восстановление листьев, доля которой в общей фитомассе неуклонно увеличивается с возрастом, что приводит к падению эффективности работы ассимиляционного аппарата, имеющему наименьшую величину КПД у дуба и ели (**рис. 6**).

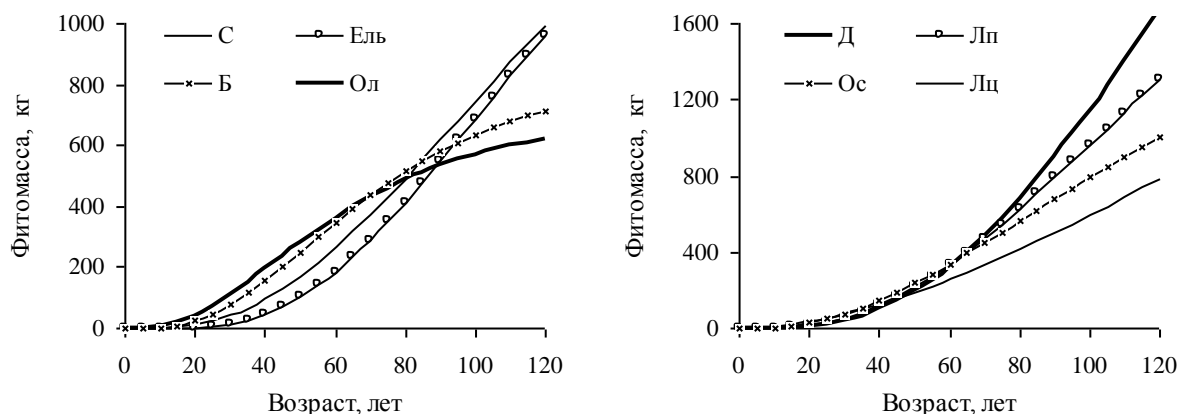


Рис 1. Динамика абсолютно сухой массы среднего дерева.

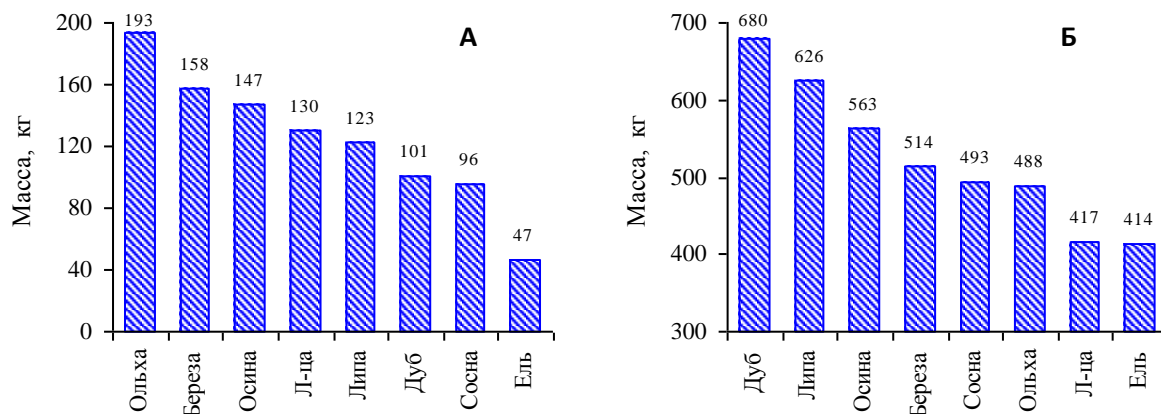


Рис. 2. Ранговое распределение разных пород по фитомассе их среднего дерева: А – в возрасте 40 лет; Б – в возрасте 80 лет.

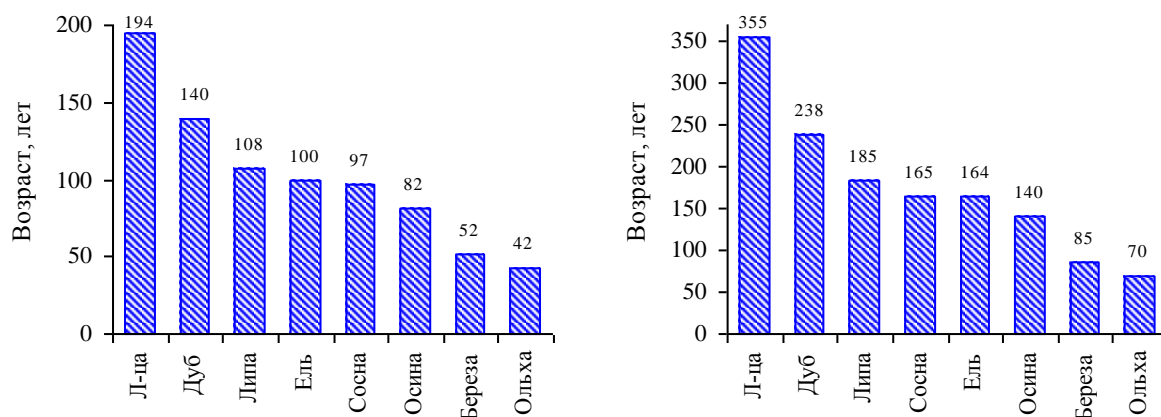


Рис. 3. Распределение пород деревьев по времени наступления кульминации текущего (слева) и среднего годовичного прироста их фитомассы без учета ассимиляционного аппарата.

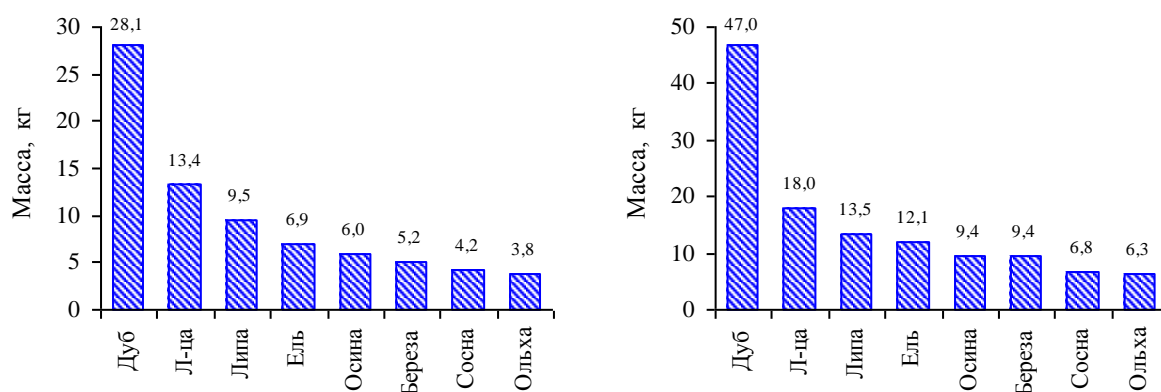


Рис. 4. Ранговое распределение деревьев разных пород по обновляемой массе листьев (хвои) в возрасте кульминации текущего (слева) и среднего годовичного прироста их остальной фитомассы.

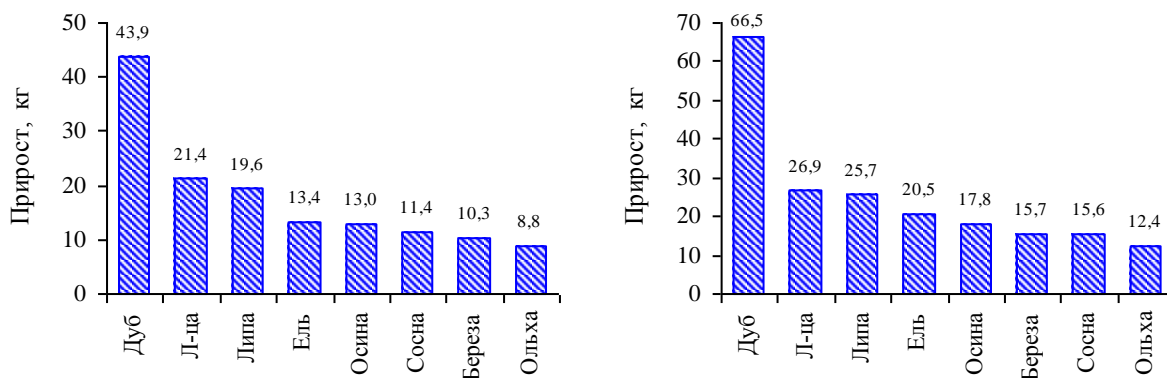


Рис. 5. Распределение разных пород по величине текущего (слева) и среднего годовичного прироста фитомассы деревьев в момент его кульминации с учетом массы их ассимиляционного аппарата в это время.

Для практики лесного хозяйства важно знание закономерностей накопления древесными растениями не столько всей их биомассы, сколько массы стволовой древесины, поскольку она пока пользуется наибольшим спросом. Расчеты показали, что ранговое положение пород по времени наступления кульминации годовичного прироста этого показателя и его величине сохраняется таким же, как и по общей биомассе (рис. 7 и 8). Потенциальные способности роста у деревьев всех пород, кроме березы и ольхи черной, сохраняются, таким образом, значительно дольше того срока, в котором

их обычно вырубают. Последующее снижение прироста у деревьев происходит в результате падения эффективности работы не только ассимиляционного аппарата, но и деятельности камбия, наибольшую величину КПД которого имеет ольха черная, а наименьшую – лиственница сибирская (рис. 9).

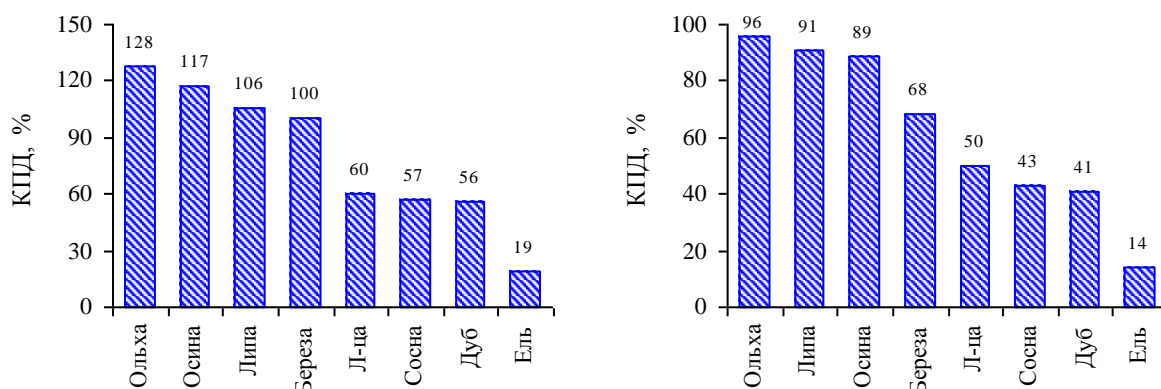


Рис. 6. Ранговое распределение деревьев разных пород по КПД их ассимиляционного аппарата в возрасте кульминации текущего (слева) и среднего годовичного прироста их остальной фитомассы.

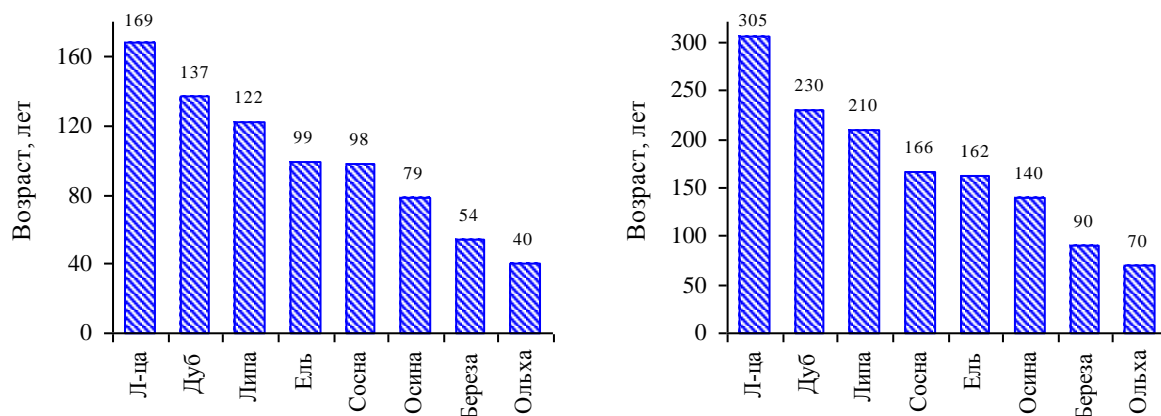


Рис. 7. Распределение пород деревьев по времени наступления кульминации текущего (слева) и среднего годовичного прироста фитомассы их ствола без коры.

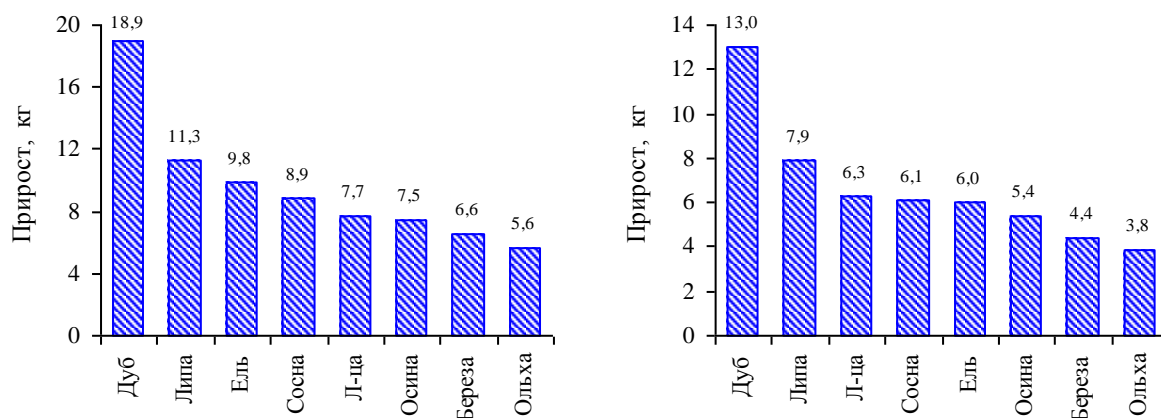


Рис. 8. Ранговое распределение разных пород по величине текущего (слева) и среднего годовичного прироста фитомассы стволовой древесины без коры в момент его кульминации.

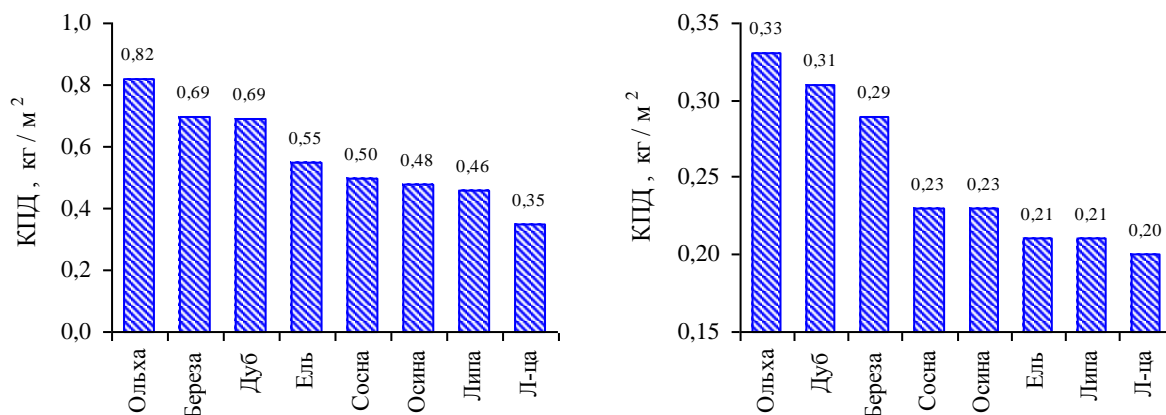


Рис. 9. Ранговое распределение деревьев разных пород по производительности камбия в возрасте кульминации текущего (слева) и среднего годовичного прироста фитомассы их стволовой древесины.

Процесс накопления и прироста фитомассы древостоями совершенно иной, нежели средними деревьями в них, что связано с особенностями отпада определенной части особей, происходящего в различных ценозах неодинаково. Так, в возрасте 40 лет наибольшую густоту имеют сомкнутые ельники, а наименьший – черноольшанники (рис. 10). В возрасте же 80 лет картина существенно образом меняется. Густота древостоев закономерно убывает с возрастом, что с высокой точностью описывает степенная функция $N = a \cdot t^{-b}$. Параметры этой функции имеют конкретный физический смысл: a – исходная густота абсолютно полных древостоев, b – интенсивность (относительная скорость) снижения их густоты. Наиболее высокую исходную густоту и интенсивность изреживания имеют, как показали проведенные нами расчеты, ельники и липняки, а наименьшую – светолюбивые березняки, лиственничники и черноольшанники (рис. 11).

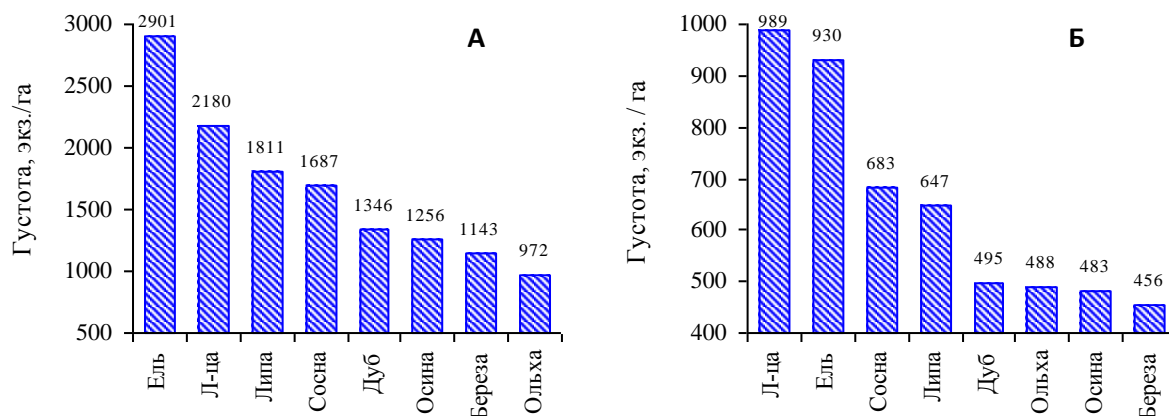


Рис. 10. Распределение абсолютно полных древостоев 1 класса бонитета по их густоте: А – в возрасте 40 лет; Б – в возрасте 80 лет.

В результате взаимодействия двух противоположно направленных процессов – увеличения массы деревьев и уменьшения их числа – общая фитомасса древостоя и его отдельных фракций изменяется с возрастом куполообразно, достигая в определенный момент времени максимального значения, а затем неуклонно снижаясь. Кульминация среднего годовичного прироста общей фитомассы древостоев наступает позднее всего, как это не парадоксально, в березняках (рис. 12), что связано с ежегодным обновлением ассимиляционного аппарата (рис. 13), занимающего в них, по сравнению с другими древостоями, весьма значительную долю (рис. 14). Ранее всех эта стадия наступает в

черноольшанниках и осинниках. Наибольшую же величину прироста фитомассы имеют лиственничники, в которых ежегодно обновляемая масса листвы особенно велика. За ними с большим отставанием следуют дубняки, ельники или липняки. Замыкают ранговый ряд березняки, черноольшанники и сосняки. Последующее снижение прироста древостоев происходит в результате уменьшения числа деревьев и падения КПД ассимиляционного аппарата (рис. 15).

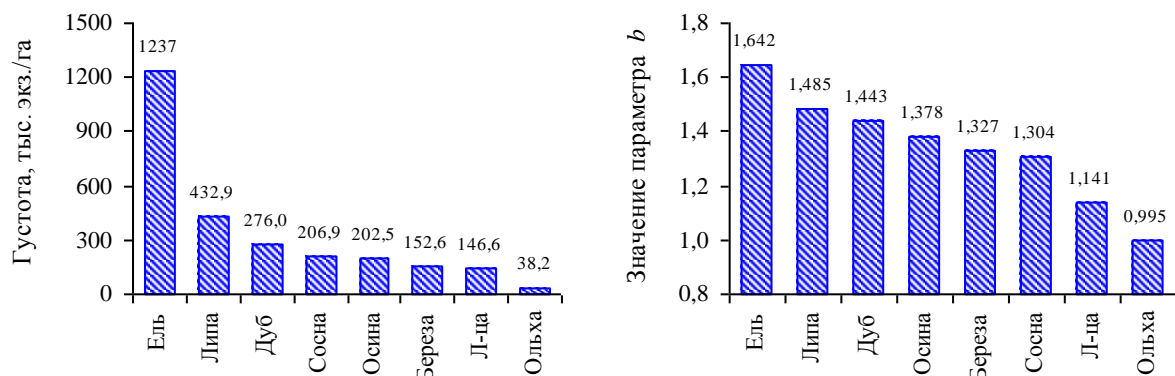


Рис. 11. Ранговое распределение абсолютно полных древостоев 1 класса бонитета по исходной густоте (слева) и интенсивности процесса их изреживания.

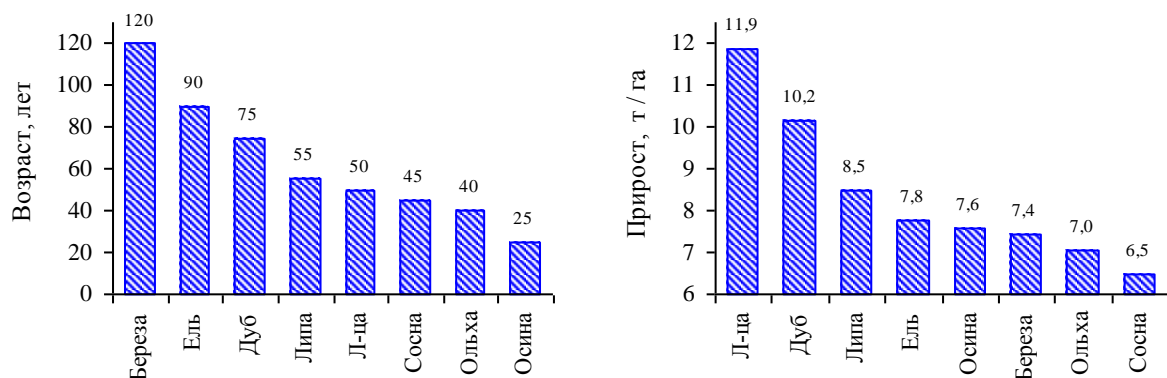


Рис. 12. Распределение древостоев по времени наступления кульминации среднего годовичного прироста фитомассы (слева) и его величине.

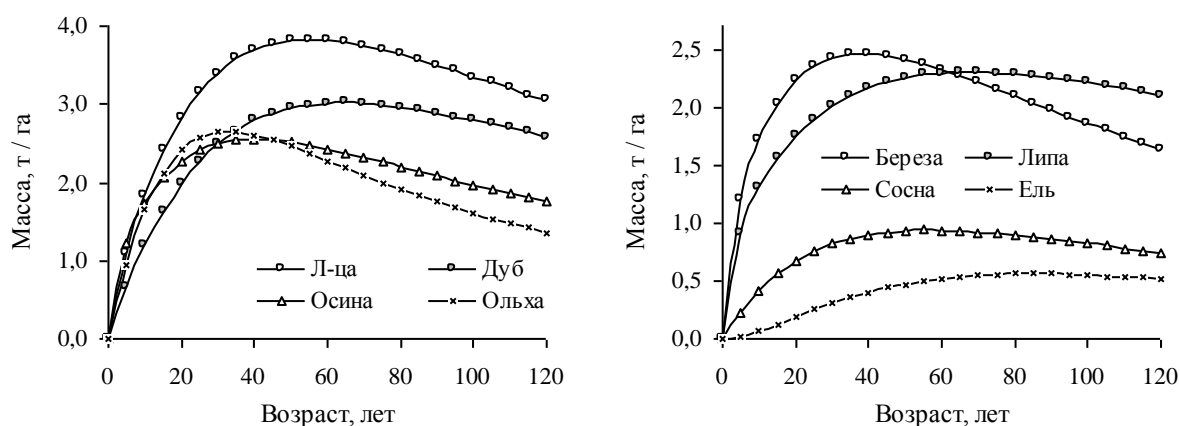


Рис. 13. Динамика ежегодно обновляемой абсолютно сухой массы ассимиляционного аппарата в древостоях 1 класса бонитета разных пород.

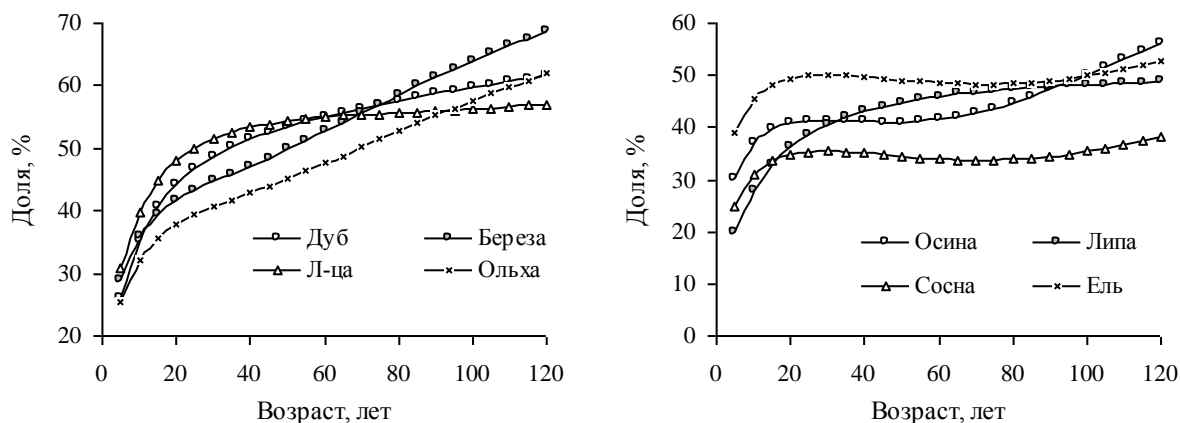


Рис. 14. Динамика доли ежегодно обновляемой массы ассимиляционного аппарата в приросте общей массы древостоев 1 класса бонитета.

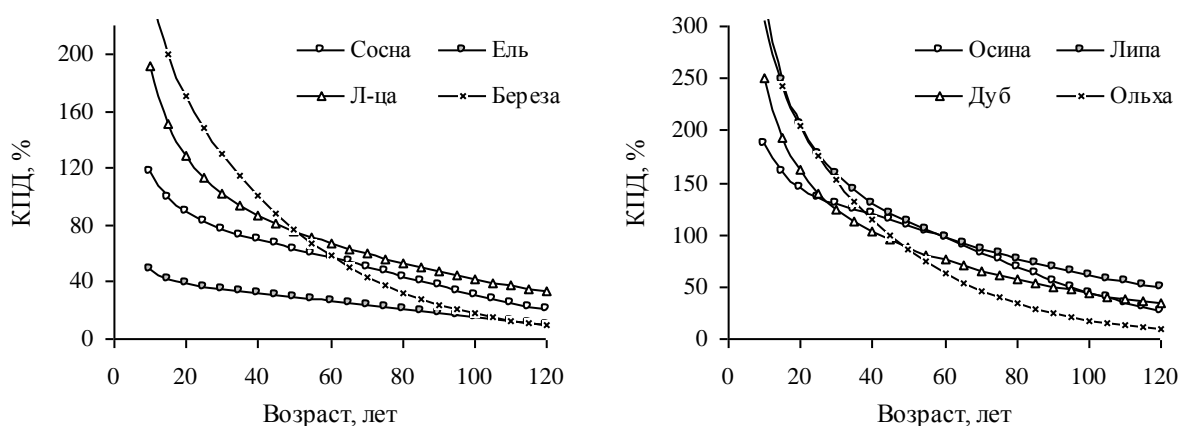


Рис. 15. Динамика КПД ассимиляционного аппарата в древостоях разных пород 1 класса бонитета.

Кульминация среднего годовичного прироста массы стволовой древесины, определяющая оптимальный возраст рубки главного пользования, у древостоев всех пород, кроме ели и липы, наступает, как показали расчеты, значительно раньше нормативных сроков ее проведения, что приводит к снижению эффективности лесопользования. Ранговое положение древостоев по значению этого показателя существенным образом изменяется по сравнению с приростом всей фитомассы (рис. 16). Особенно сильно изменяется положение березняков, которые перемещаются с первого места на шестое. Сосняки перемещаются с шестого места на четвертое. Ранее всех эта стадия наступает в осинниках и черноольшанниках, а позднее всего – в ельниках и дубняках. По величине годовичного прироста липняки перемещаются с третьего места на последнее, а сосняки же, наоборот, – с последнего на третье. Наибольшую величину прироста массы стволовой древесины, также как и общей фитомассы, имеют лиственничники, за которыми с большим отставанием следуют дубняки.

Заключение

Исследование процесса накопления древесными растениями органического вещества показало, что он протекает сугубо специфически на индивидуальном и ценоотическом уровнях их функционирования. На каждом из них одновременно с приростом фитомассы происходит некоторая ее потеря. У деревьев она связана с отмиранием части ветвей и ежегодным полным или частичным обновлением ассимиляционного аппа-

рата, а у древостоя, кроме того, – с процессом отпада определенной части особей, протекающего в различных ценозах неодинаково (наиболее высокую исходную густоту и интенсивность изреживания имеют теневыносливые ельники и липняки, а наименьшую – светолюбивые сомкнутые березняки, лиственничники и черноольшанники).

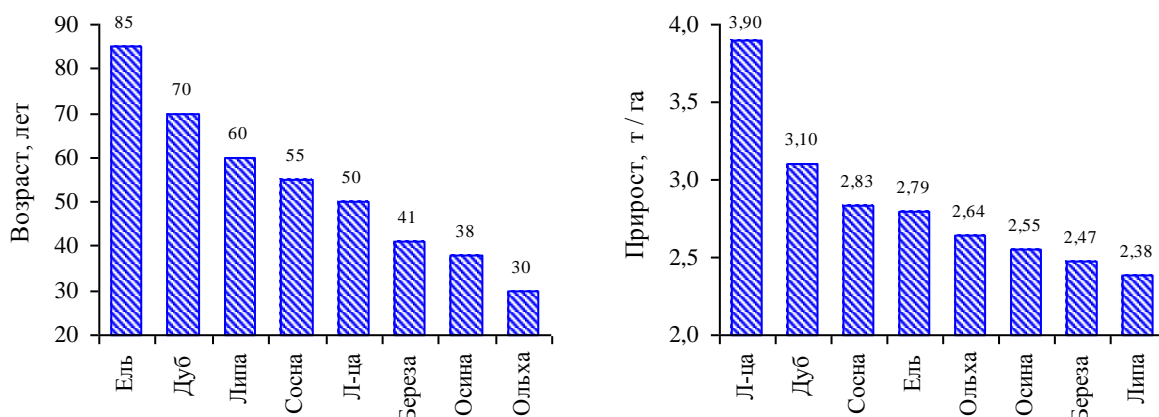


Рис. 16. Ранговое распределение древостоев по времени наступления кульминации среднего годичного прироста фитомассы стволовой древесины без коры (слева) и его величине.

В результате взаимодействия двух противоположно направленных процессов – роста и отпада – величина годичного прироста фитомассы деревьев и древостоев, а также их отдельных фракций, изменяется с возрастом куполообразно, достигая в определенный момент времени максимального значения, а затем неуклонно снижаясь. Снижение прироста у деревьев происходит в результате больших затрат на восстановление ассимиляционного аппарата и падения эффективности деятельности камбия, а в древостоях – из-за резко возрастающего со временем отпада деревьев. Кульминация среднего годичного прироста массы стволовой древесины, определяющая оптимальный возраст рубки дерева или оборот рубки древостоя, наступает у разных лесообразующих пород не одновременно, что связано с различиями характера их роста. Эта стадия наступает в древостоях всех пород, кроме ельников и липняков значительно раньше нормативных сроков проведения их рубки, что приводит к снижению эффективности лесопользования. Потенциальные же способности роста у деревьев всех пород, кроме березы и ольхи черной, сохраняются значительно дольше того срока, в котором их обычно вырубают.

Наиболее перспективной для лесовыращивания породой является лиственница сибирская, которая в оптимальных для нее условиях произрастания имеет самые высокие потенциальные возможности использования ресурсов среды и накопления фитомассы. По производительности ей несколько уступает дуб черешчатый, который, однако, имеет более высокие экологические требования. По величине годичного прироста общей фитомассы в оптимальных условиях обитания ранговый ряд замыкают черноольшанники и сосняки, а стволовой древесины – березняки и липняки.

Исследование процесса накопления древесными растениями органического вещества, освоения ими ресурсов среды и КПД ассимиляционного аппарата возможно проводить не только на основе дорогостоящих и трудоемких полевых экспериментов, но и на основе таблиц роста и продуктивности древостоев.

Список использованной литературы

Базилевич Н.И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. М.: Наука, 1993. 293 с.

Демаков Ю.П. Диагностика устойчивости лесных экосистем (методологические и методические аспекты). Йошкар-Ола: Периодика Марий Эл, 2000. 416 с.

Дювиньо П., Танг М. Биосфера и место в ней человека. М.: Прогресс, 1968. 255 с.

Карманова И.В. Математические методы изучения роста и продуктивности растений. М.: Наука, 1976. 223 с.

Кивисте А.К. Функции роста леса. Тарту: Эстонская сельскохозяйственная академия, 1988. 171 с.

Кофман Г.Б., Кузьмичев В.В., Хлебопрос Р.Г. Использование периода интенсивного роста древесных растений при построении филогенетических рядов // Журнал общей биологии. 1979. Т. 40. № 5. С. 766-771.

Кузьмичев В.В. Закономерности роста древостоев. Новосибирск: Наука, 1977. 160 с.

Лосицкий К.Б. Научные основы определения оптимального состава насаждений и лесов // Лесн. хоз-во. 1968. № 11. С. 14-18.

Лосицкий К.Б., Чуенков В.С. Эталонные леса. М.: Лесн. пром-сть, 1980. 192 с.

Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы). М.: Россия Молодая, 1994. 367 с.

Усольцев В.А. Фитомасса лесов Северной Евразии: база данных и география. Екатеринбург: УрО РАН, 2001. 708 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3280>).

Усольцев В.А. Фитомасса лесов Северной Евразии: нормативы и элементы географии. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 762 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3302>).

Усольцев В.А. Фитомасса лесов Северной Евразии: предельная продуктивность и география. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 407 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3303>).

Хильми Г.Ф. Биогеофизическая теория и прогноз самоизреживания леса. М.: АН СССР, 1955. 87 с.

Хильми Г.Ф. Теоретическая биогеофизика леса. М.: АН СССР, 1957. 206 с.

Хильми Г.Ф. Энергетика и продуктивность растительного покрова суши. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 62 с.

Черных В.Л., Сысуев В.В. Информационные технологии в лесном хозяйстве: Учебное пособие. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2000. 378 с.

Чуенков В.С. Определение потенциальной продуктивности лесов // Повышение продуктивности лесов лесоводственными приемами. М.: ВНИИЛМ, 1977. С. 25-33.

Usoltsev V.A. Forest biomass and primary production database for Eurasia. CD-version. The second edition, enlarged and re-harmonized. Yekaterinburg: Ural State Forest Engineering University, 2013 (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3059>).

Рецензент статьи: доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоводства, таксации и лесоустройства Поволжского государственного технологического университета В.Л. Черных.